

UJI TARIK BETON MUTU TINGGI

Lerry M.N. Gerung

Alumni S2 Teknik Sipil Pascasarjana Unsrat

M.D.J. Sumajouw, S.E. Wallah

Dosen Pascasarjana Teknik Sipil Unsrat

ABSTRAK

Pada umumnya disain tegangan tarik atau tekan hanya berpatokan pada satu dimensi saja yaitu dimensi aturan standar. Pada prakteknya struktur beton memiliki dimensi yang berbeda-beda dan berbeda pula dengan dimensi aturan standar. Penelitian ini bertujuan untuk, menentukan hubungan antara kuat tarik lentur dan kuat tekan beton mutu tinggi, menentukan hubungan antara kuat tarik belah dan kuat tekan beton mutu tinggi, menentukan hubungan antara kuat tarik lentur dan kuat tarik belah beton mutu tinggi.

Metode yang digunakan adalah penelitian eksperimental. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut: mengumpulkan data awal, meriset lokasi material, melakukan penelitian material yang meliputi gradasi, berat jenis, absorpsi, berat volume, keausan, dan kadar air, mendisain komposisi campuran dengan metode ACI 211.4R-93, melakukan disain campuran cara coba-coba jika metode ACI tidak terpenuhi, melakukan uji tekan kubus 15x15x15 cm, melakukan uji silinder 15/30 cm, melakukan uji lentur balok 5 x 5 x 20 cm. 7 x 7 x 28 cm. 10 x 10 x 40 cm. dan 15 x 15 x 60, melakukan uji tarik belah silinder 10/15 cm, analisa data hasil uji coba untuk kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel, gambar, dan laporan serta kesimpulan yang relevan dan yang terakhir yaitu Dokumentasi.

Hasil pengujian tegangan tarik lentur beton mutu tinggi di pengaruhi oleh dimensi penampang yaitu semakin besar penampang, semakin kecil tegangan tarik lentur yang dapat dipikulnya. Hubungan kuat tarik lentur dan kuat tekan beton mutu tinggi bervariasi menurut dimensi baloknya yang besarnya adalah kuat tarik lentur berbanding lurus secara polinomial dengan koefisien k dan kuat tekan beton yang diakarkan. Hubungan kuat tarik belah dan kuat tekan beton mutu tinggi pada penelitian ini adalah Kuat tarik belah berbanding lurus dengan kuat tekan beton yang diakarkan. Hubungan kuat tarik lentur dan kuat tarik belah beton mutu tinggi adalah Kuat tarik lentur berbanding lurus secara polinomial dgn kuat tarik belah beton.

Kata kunci: tegangan tarik, tegangan tekan, beton mutu tinggi, kuat tarik lentur, kuat tarik belah, kuat tekan

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada umumnya disain tegangan tarik atau tekan hanya berpatok pada satu dimensi saja yaitu dimensi aturan standar (SNI, ACI). Pada prakteknya struktur beton memiliki dimensi yang berbeda-beda dan berbeda pula dengan dimensi aturan standar, sehingga dalam perencanaan struktur beton perlu diperhitungkan pengaruh dimensi supaya dapat tercapai suatu disain yang tepat.

Pengujian kuat tarik beton dapat dilakukan dengan tiga cara, pertama uji kuat tarik langsung dimana sebuah batang beton diberi

gaya aksial tarik sampai batang beton runtuh, tapi terdapat kelemahan dalam pengujian ini, terutama pada beton mutu tinggi, dimana belum ditemukan suatu bahan perekat yang mampu menahan gaya aksial tarik sampai beton mengalami keruntuhan tarik, dalam hal ini tentunya dibutuhkan suatu model yang lain agar pengujian ini dapat dilakukan pada beton mutu tinggi, cara yang kedua dikenal dengan istilah tarik Brazilien, yaitu pembelahan silinder oleh suatu desakan kearah diameternya untuk mendapatkan apa yang disebut kuat tarik belah, cara yang ketiga ialah melalui percobaan lentur yang paling sering digunakan dalam menentukan kekuatan tarik

beton dimana beban diterapkan yang selanjutnya dapat dihitung dengan rumus balok biasa.

Penelitian yang akan dilakukan menggunakan metode tarik lentur dan tarik belah yang akan memberikan gambaran mengenai pengaruh dimensi benda uji balok terhadap tegangan tarik.

Perumusan Masalah

Dalam pelaksanaan lapangan dimensi balok beton sangat bervariasi oleh karena itu pada kesempatan ini akan dilaksanakan pengujian tarik lentur dan tarik belah di laboratorium dengan memvariasikan dimensi penampang. Apakah perbedaan dimensi benda uji berpengaruh terhadap tegangan tarik beton.

Tujuan Penelitian

1. Menentukan pengaruh dimensi penampang balok beton mutu tinggi terhadap tegangan tarik lentur.
2. Menentukan hubungan antara kuat tarik lentur dan kuat tekan beton mutu tinggi.
3. Menentukan hubungan antara kuat tarik belah dan kuat tekan beton mutu tinggi.
4. Menentukan hubungan antara kuat tarik lentur dan kuat tarik belah beton mutu tinggi.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah penelitian eksperimental. Pelaksanaan penelitian dikerjakan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Material Bangunan Fakultas Teknik UNSRAT Manado. Langkah-langkah:

1. Mengumpulkan data awal dari buku-buku referensi, jurnal dan dari sumber internet.
2. Meriset lokasi material
3. Melakukan penelitian material yang meliputi Gradasi, Berat jenis, Absorpsi, Berat volume, Keausan, dan Kadar air.
4. Mendisain komposisi campuran dengan metode ACI 211.4R-93.
5. Melakukan disain campuran cara coba-coba jika metode ACI tidak terpenuhi.

6. Mencari optimum bahan tambahan dalam campuran.
7. Melakukan pemadatan dan digetar selama 1 menit.
8. Melakukan perawatan benda uji dengan cara direndam dalam air.
9. Melihat berat satuan benda uji.
10. Melakukan uji tekan kubus 15x15x15 cm.
11. Melakukan uji silinder 15/30 cm 28 hari sebanyak 10 sampel.
12. Melakukan uji lentur balok 5 x 5 x 20 cm. 7 x 7 x 28 cm. 10 x 10 x 40 cm. dan 15 x 15 x 60 cm 28 hari sebanyak 10 sampel.
13. Melakukan uji tarik belah silinder 10/15 cm 28 hari sebanyak 10 sampel.
14. Analisa data hasil uji coba untuk kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel, gambar, dan laporan serta kesimpulan yang relevan.
15. Dokumentasi.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Komposisi Campuran

Komposisi campuran dihitung dengan metode ACI kemudian dilanjutkan dengan cara coba-coba.

Tabel 1. Komposisi Campuran dalam 1 m³

Properti	Nilai	Satuan
semen	851,90	kg
pasir	407,24	kg
kerikil	754,55	kg
Air	247,05	kg
Add	0,00	kg
Fas	0,29	-
slump	5,00	cm
% add/cement	0,00	%
kuat tekan 28 hari MPa	71,05	MPa

Hasil mix disain uji coba diperlihatkan pada Tabel 1, beton tanpa menggunakan bahan tambahan sehingga beton tersebut ekonomis di pandang dari segi biayanya dan mempunyai kuat tekan kubus 71,05 MPa.

Tabel 2. Komposisi Campuran Coba-coba

No	Semen x1	Pasir x2	Krikil x3	fas x4	add x5	f'c 28d y1	Slump y2
1	917.02	289.10	703.19	0.32	0.00	62.47	15.00
2	851.90	407.24	754.55	0.29	0.00	71.05	5.00
3	851.30	366.77	754.55	0.31	0.00	51.59	10.00
4	851.10	386.36	754.55	0.3	0.00	55.70	7.00
5	851.76	353.03	754.55	0.32	23.93	0.00	30.00
6	851.04	426.67	754.55	0.28	6.13	76.33	4.80
7	851.86	444.35	754.55	0.27	4.09	73.22	4.00
8	851.92	444.54	754.55	0.27	5.11	76.78	6.50
9	851.57	445.90	754.55	0.27	8.54	69.56	25.00
10	851.71	446.15	753.85	0.27	10.22	53.78	25.00
11	851.53	446.45	753.55	0.27	10.42	73.22	21.00
12	851.59	447.19	753.55	0.27	13.57	58.11	25.00
13	378.27	538.23	1143.42	0.51	4.73	42.22	5.00
14	676.44	457.62	790.88	0.39	6.50	46.56	25.00
15	704.00	320.37	681.01	0.51	9.09	75.13	25.00
16	561.45	637.14	921.60	0.31	0.00	56.11	6.50
17	850.74	455.32	750.02	0.27	25.75	61.67	29.00

Komposisi campuran coba-coba dapat dilihat pada Tabel 2. Dengan menganalisis data pada tabel 2. Didapat suatu hubungan regresi berganda dengan 5 variabel bebas yaitu

$$f'c = 1.157(S) + 1.091(P) + 0.217(K) + 1358.938(fas) - 1.858(add) - 1915.064$$

$$slump = 224.695 - 0.114(S) - 0.072(P) - 0.087(K) - 86.186(fas) - 1.004(add)$$

dimana :

S = semen (kg), P = pasir (kg), K = kerikil (kg), add = bahan tambahan (kg).

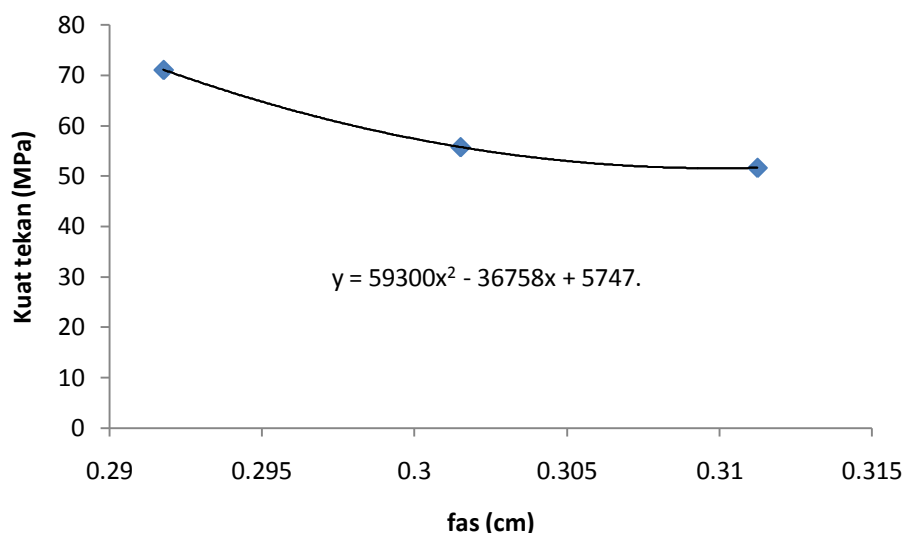
Faktor Air Semen (fas)

Faktor air semen (fas) dinyatakan dalam perbandingan berat air terhadap berat semen dalam campuran. Berdasarkan hasil penelitian faktor air semen yang dapat dilihat pada Tabel 3, didapat bahwa semakin tinggi nilai fas yang direncanakan maka semakin rendah kekuatan yang didapat. Hubungannya diperlihatkan pada Gambar 1.

Tabel 3. Nilai fas dan Kuat Tekan

fas (mm)	f'c (MPa)
0,29	71,05
0,30	55,70
0,31	51,59

$$f.a.s = w/c, f'c = P/A$$



Gambar 1. Fas dan Kuat Tekan

Tabel 4. Berat Volume Rata-rata pada umur 1 hari

Berat Volume Beton Rata-rata (kg/m3)								Rata-rata (Kg/m3)
Kubus	Silinder		Balok					
15/15/15 (cm)	10/20 (cm)	15/30 (cm)	4/4/16 (cm)	5/5/28 (cm)	7/7/28 (cm)	10/10/50 (cm)	15/15/60 (cm)	
2263	2253	2256	2295	2391	2299	2369	2257	2298

Untuk standar ACI fas dapat diambil sampai dengan 0,25 mm yang dapat dikombinasikan dengan superplasticizer supaya dapat tercapai reaksi yang sempurna antara semen dan air. Dalam penelitian ini diambil fas 0,29 dikarenakan beton tersebut tanpa bahan tambahan. Dan dari gambar diatas dapat dibuatkan rumus secara empiris

$$f'c = 59300(fas)^2 - 36758(fas) + 5747$$

untuk $0,29 \leq fas \leq 0,31$

$f'c$ = Kuat tekan Beton pada umur 28 hari (MPa)

fas = faktor air semen

Berat Volume Beton

Hasil perhitungan berat volume rata-rata dapat dilihat pada Tabel 4. Dari hasil yang

didapat yaitu 2298 Kg/m³ yang dapat dikatakan beton tersebut berbobot normal dengan kekuatan tinggi.

Kuat Tekan Beton

Hasil perhitungan kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari dapat dilihat pada tabel 5. Kuat tekan beton pada umur 28 hari. Tabel 5. dapat dilihat kuat tekan kubus dan kuat tekan silinder memiliki perbedaan yaitu 17,18 MPa sehingga dapat dibuat korelasinya yaitu $f'cs = 0,76 f'ck$ yang dapat dilihat pada tabel 6. Korelasi kuat tekan kubus ke kuat tekan silinder. Untuk SNI beton normal menggunakan faktor korelasi 0,83. sehingga $f'cs = 0,83 f'ck$

Tabel. 5. Kuat Tekan Beton pada umur 28 hari

Kuat Tekan Rata - rata (MPa)	
Kubus	Silinder
15 x 15 x 15 (cm)	15/30 (cm)
71,05	53,87

Tabel 6. Korelasi Kuat Tekan Kubus ke Kuat Tekan Silinder

Kuat Tekan Rata-rata Kubus (15 x 15 x 15) cm (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata Silinder (15/30) cm (MPa)	Korelasi Kubus ke Silinder	Korelasi Kubus ke Silinder beton normal (SNI)
71,05	53,87	0,76	0.83

Tabel 7. Umur dan Kuat Tekan

Umur (hari)	Kuat Tekan Rataan (MPa)	Persentase (%)
8	65,33	92
14	68,39	96
21	69,44	98
28	71,05	100

Umur dan Kuat Tekan beton

Hasil perhitungan umur dan kuat tekan beton rata-rata dapat dilihat pada Tabel 7. Dari tabel tersebut dapat dilihat persentase kuat tekan beton untuk patokan 28 hari 100% sesuai perencanaan disain kuat tekan beton pada umumnya. Dimana pada umur 28 hari sudah mencapai 92% dari kekuatannya (28 hari) dan jika dibandingkan dengan aturan PU yaitu 8 hari mencapai 65% s/d 75% maka pada penelitian ini mempunyai selisih antara 27% s/d 37%.

Pada Gambar 2. umur dan kuat tekan beton bisa dibuatkan rumus secara empiris yaitu

$$f'c = -0,009(u)^2 + 0,609(u) + 61,23$$

untuk $8 \leq u \leq 28$

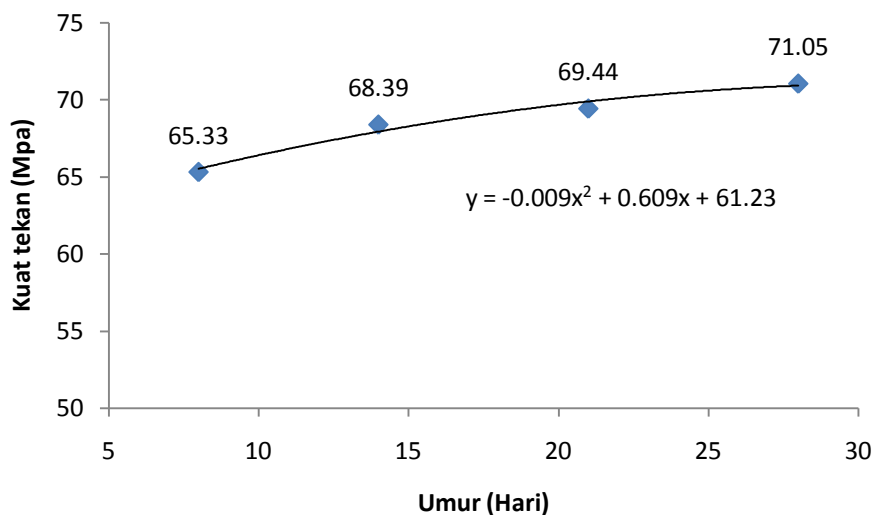
$f'c$ = Kuat tekan Beton

pada umur 28 hari (MPa)

u = Umur beton (hari)

Bahan Tambahan dan Kuat Tekan beton

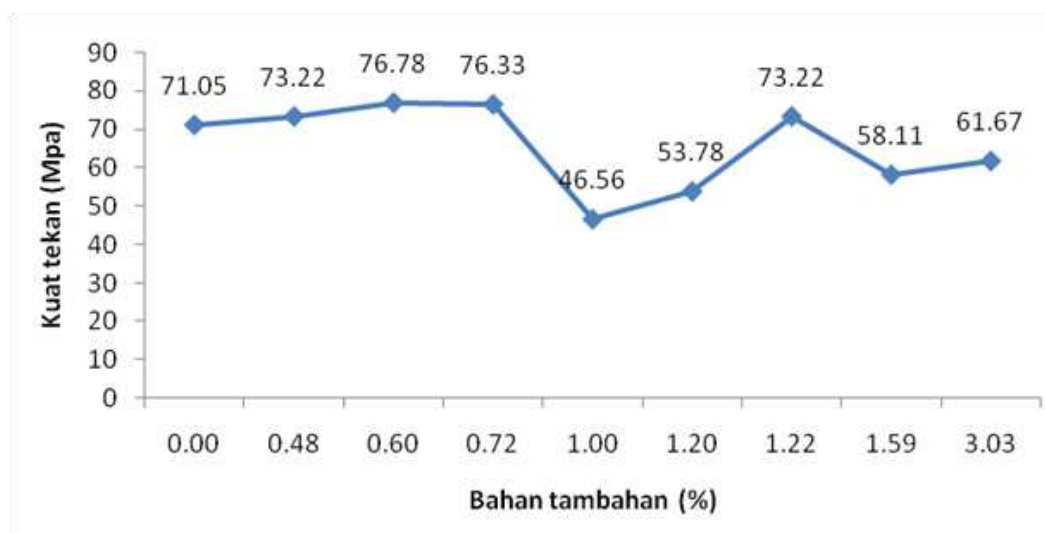
Hasil test kuat tekan beton rata-rata pada umur 28 hari yang ditambahkan bahan tambahan dapat dilihat pada Tabel 8. Grafiknya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2. Umur dan Kuat Tekan

Tabel 8. Bahan Tambahan dan Kuat Tekan Beton

Bahan Tambahan (%)	Kuat Tekan (MPa)
0,00	71,05
0,48	73,22
0,60	76,78
0,72	76,33
1,00	46,56
1,20	53,78
1,22	73,22
1,59	58,11
3,03	61,67



Gambar 3. Bahan Tambahan dan Kuat Tekan Beton

Gambar 3. dapat dilihat bahwa untuk persentase 0% s/d 0,72% trend grafiknya naik ke atas dan setelah pada persentase 0,72% s/d 3,03% terjadi fluktuasi naik turun yang penyebabnya antara lain :

- Pengambilan sampel acak yang tidak seragam
- Pemadatan yang tidak seragam
- Kadar air lapangan yang kurang seragam

Dan dalam penelitian ini persentase bahan tambahan 0,60% memberikan nilai yang paling tinggi dibandingkan dengan persentase yang lain yaitu didapat 76,33 MPa.

Kekuatan Tarik Belah Beton

Hasil perhitungan kuat tarik belah beton rata-rata pada umur 28 hari dapat dilihat pada Tabel 9. Pada tabel tersebut yang hanya dilakukan tarik belah dengan benda uji silinder 10/20 cm yang kuat tariknya 4,56 MPa pada umur 28 hari.

Kekuatan Tarik Lentur Beton

Hasil perhitungan kuat tarik lentur beton rata-rata pada umur 28 hari dapat dilihat pada tabel 10. pada tabel tersebut yang hanya di lakukan tarik lentur dengan benda uji balok 4/4/16 cm, 5/5/28 cm, 10/10/50 cm, dan 15/15/60 cm yang masing-masing kuat tariknya 11,26 MPa. 10,30 MPa. 8,61 MPa. 7,39 MPa. pada umur 28 hari.

Pada Gambar 4. bisa dilihat bahwa semakin besar dimensi penampang maka semakin kecil kuat tarik lentur beton tersebut. Berdasarkan gambar tersebut dapat dibuat rumus empiris yaitu

$$f_{tl} = 0,026(Di)^2 - 0,821(Di) + 13,79$$

untuk $4 \leq Di \leq 15$

f_{tl} = Kuat Tarik Lentur

pada umur 28 hari (MPa)

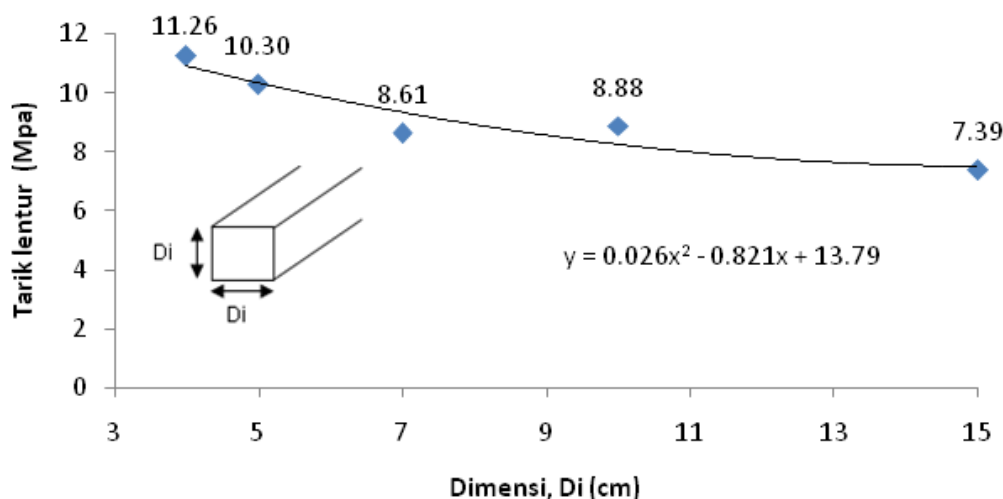
Di = Panjang sisi bujur sangkar balok beton (cm)

Tabel 9. Kuat Tarik Belah Beton pada umur 28 hari

sampel	MPa
1	5,60
2	4,70
3	5,57
4	4,53
5	2,69
6	5,49
7	2,94
8	5,42
9	5,57
10	3,12
rataan	4,56

Tabel 10. Kuat Tarik Lentur Beton pada umur 28 hari

Kuat Tarik Lentur Rataan (MPa)				
Balok				
4/4/16 (cm)	5/5/28 (cm)	7/7/28 (cm)	10/10/50 (cm)	15/15/60 (cm)
11,26	10,30	8,61	8,88	7,39



Gambar 4. Hubungan Dimensi dan Tarik Lentur

Penelitian sebelumnya untuk beton ringan oleh Windah R.S., 1996. didapat suatu hubungan $f_{tl} = 6,3 - 0,15Di$ dari hubungan tersebut mengkalkulasikan bahwa semakin besar dimensi semakin kecil kuat tarik lentur tersebut. Ini membuktikan bahwa dimensi berpengaruh terhadap kapasitas tegangan beton. Kekuatan tarik lentur dapat juga digunakan untuk perhitungan lenturan.

Korelasi Kuat Tarik Lentur, Kuat Tarik Belah, dan Kuat Tekan

Dari hasil perhitungan korelasi kuat tarik lentur ke kuat tekan masing-masing dimensi yaitu (4 x 4 x 16) cm, (5 x 5 x 28) cm, (7 x 7 x 28) cm, (10 x 10 x 50) cm, (15 x 15 x 60) cm yaitu seperti yang terlihat pada Tabel 12. dengan besar nilai persentase tarik ke tekan

masing-masing yaitu: 20%, 19%, 16%, dan 14%. Gambar 5. dapat kita tarik rumus empiris untuk korelasinya yaitu

$$k = 0,003(Di)^2 - 0,112(Di) + 1,875$$

k = Korelasi lentur ke tekan

Di = Panjang sisi bujur sangkar balok beton (cm)

Korelasi lentur ke tekan diperoleh

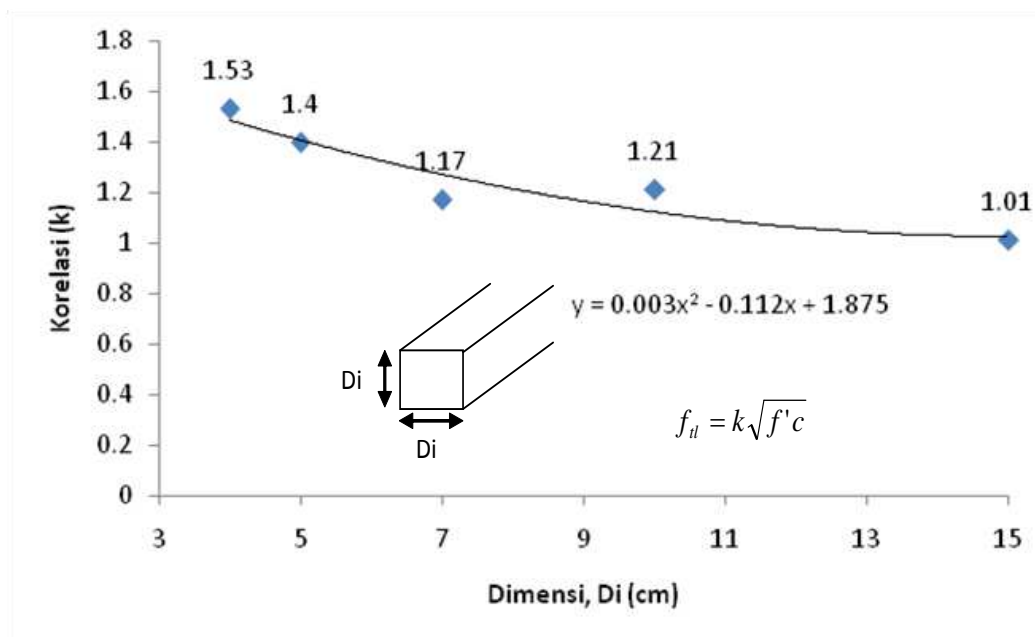
$f_{tl} = 1,01\sqrt{f'_c}$ untuk beton mutu tinggi.

Untuk beton normal $f_{tl} = 0,7\sqrt{f'_c}$ menurut SNI dan $f_{tl} = 0,62\sqrt{f'_c}$ menurut ACI.

Untuk korelasi kuat tarik ke kuat tekan yaitu didapat $f_{tb} = 0,62\sqrt{f'_c}$ dengan nilai persentase 8% seperti yang terlihat pada Tabel 13.

Tabel 12. Korelasi Kuat Tarik Lentur ke Kuat Tekan

Dimensi (cm)	Kuat Tarik Lentur (MPa)	Korelasi ke Kuat Tekan	Persentase (%)
4 x 4 x 16	11,26	$1.53\sqrt{f'_c}$	20,89
5 x 5 x 28	10,30	$1.40\sqrt{f'_c}$	19,11
7 x 7 x 28	8,61	$1.17\sqrt{f'_c}$	15,99
10 x 10 x 50	8,88	$1.21\sqrt{f'_c}$	16,49
15 x 15 x 60	7,39	$1.01\sqrt{f'_c}$	13,71



Gambar 5. Hubungan Dimensi dan Korelasi Lentur ke Tekan

Tabel 13. Korelasi Kuat Tarik Belah ke Kuat Tekan

Dimensi (cm)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Korelasi ke Kuat Tekan	Persentase (%)
10/20	4,56	$0.62\sqrt{f'_c}$	8,48

Tabel 14. Korelasi Kuat Tarik Lentur ke Kuat Belah

Dimensi (cm)	Kuat Tarik Lentur (MPa)	Korelasi ke Tarik Belah
4 x 4 x 16	11,26	$0,41 f_{trb}$
5 x 5 x 28	10,30	$0,44 f_{trb}$
7 x 7 x 28	8,61	$0,53 f_{trb}$
10 x 10 x 50	8,88	$0,51 f_{trb}$
15 x 15 x 60	7,39	$0,62 f_{trb}$

Untuk korelasi lentur ke belah yaitu $f_{tl} = 1.62f_{tb}$. Sedangkan untuk beton normal $f_{tl} = 1.8f_{tb}$ menurut SNI.

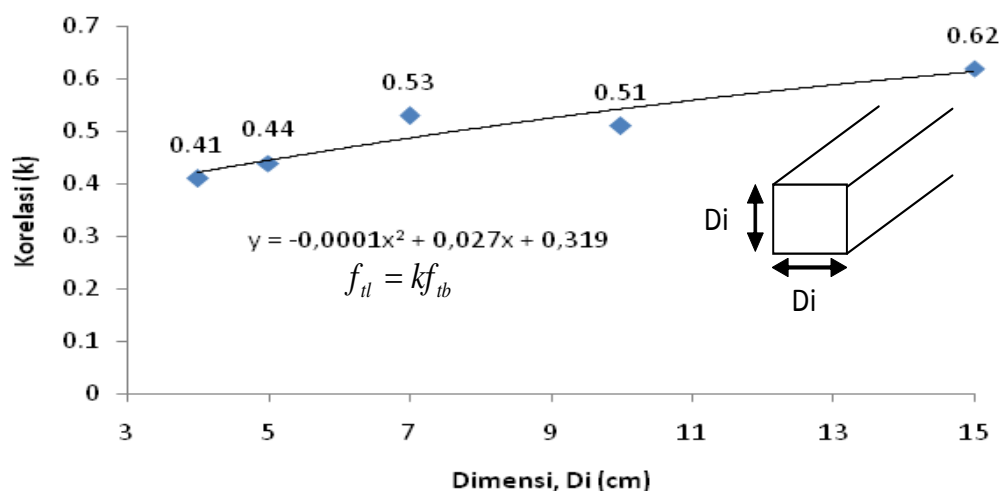
Dari Gambar 12. didapat rumus empiris korelasi lentur ke belah

$$k = -0,001(Di)^2 - 0,027(Di) + 0,319$$

untuk $4 \leq Di \leq 15$

k = Korelasi lentur ke belah

D_i = Panjang sisi bujur sangkar balok beton (cm)



Gambar 6. Hubungan Dimensi dan Korelasi Lentur ke Belah

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil:

1. Hasil pengujian tegangan tarik lentur beton mutu tinggi dipengaruhi oleh dimensi penampang yaitu semakin besar penampang, semakin kecil tegangan tarik lentur yang dapat dipikulnya $f_{tl} = 0,026(Di)^2 - 0,821(Di) + 13,79$.
2. Hubungan kuat tarik lentur dan kuat tekan beton mutu tinggi bervariasi menurut dimensi baloknya yang besarnya adalah kuat tarik lentur berbanding lurus secara polinomial dengan koefisien "K" dan kuat tekan beton yang diakarkan $f_{tl} = k\sqrt{f'_c}$ untuk $k = 0,003(Di)^2 - 0,112(Di) + 1,875$
3. Hubungan kuat tarik belah dan kuat tekan beton mutu tinggi adalah kuat tarik belah berbanding lurus dengan kuat tekan beton yang diakarkan $f_{tb} = 0,62\sqrt{f'_c}$.
4. Hubungan kuat tarik lentur dan kuat tarik belah beton mutu tinggi adalah Kuat tarik lentur berbanding lurus secara polinomial dgn kuat tarik belah beton $f_{tl} = k f_{tb}$. Untuk $k = -0,001(Di)^2 - 0,027(Di) + 0,319$ dan untuk dimensi standard $f_{tl} = 1,62 f_{tb}$

5. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa variasi dimensi penampang berpengaruh pada tegangan disain dan perlu diadakan korelasi jika menghitung disain penampang

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 211.4R-93. 1998. *Guide for Selecting Proportions for High-Strength Concrete with Portland Cement and Fly Ash*. Reapproved.
- ACI 363R-92. 1997. *State-of-the-Art Report on High-Strength Concrete*. Reported by ACI Committee 363
- Aprizon A dan Pramudiyanto. 2008. *High Strength Concrete*. <http://pramudiyanto.wordpress.com>.
- ASTM. 1993. *Concrete and Aggregates*. Section 4. Vol 04.02. Philadelphia USA
- CEB-FIP. 1990. *Comite Euro -International Du Beton*. Model Code.
- Gerung LMN. 2003. *Pengaruh Serat Daun Nenas Dengan Konsentrasi Serat 0.075% dan Variasi Panjang Serat 0.5 cm. 1.0 cm. 1.5 cm. Terhadap Kuat Tarik Beton Normal*. Skripsi. Unsrat. Manado.

- Laboratorium Struktur dan Material Bangunan. 1996. *Buku Pedoman Praktikum Beton*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Fakultas Teknik. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- McCormac JC. 2003. *Disain Beton Bertulang*. Edisi Kelima. Erlangga. Jakarta.
- Mindness, Sidney, Young. 1981. *Concrete*. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, NJ.
- Nugraha P dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Proceedings of the International Conference. 1998. *High Performance High Strength Concrete*. Australia.
- Samekto W, Rahmadiyanto C. 2011. *Teknologi Beton*. Kanisius. Yogyakarta
- Sika. 2010. *Sikamen LN High Range Water Reducing*. Technical Data Sheet, Edisi ke 5.
- SK SNI S-04-1989-F. *Spesifikasi Bahan Bangunan*. Departement Pekerjaan Umum
- SK SNI T-15-1991-03. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Departement Pekerjaan Umum.
- Timosenko SP dan Goordier JN. 1970. *Theory Of Elasticity*. Third edition Mc. Grow-Hill. Inc.
- Windah R.S., 1996. *Pengaruh Dimensi Benda Uji Prisma Terhadap Tegangan Beton Ringan Struktural Melalui Uji Lentur*. Skripsi. Unsrat. Manado.

DOKUMENTASI



